

如何看待 4 月 9 日日本政府基本决定将福岛核污水排入大海？可能会带来哪些影响？ - 知乎

福岛废水不会对我国造成太大影响

本文只做论述，不涉朝政。本文仅代表个人观点，不允许任何方式转载。水平所限，如有错误欢迎指正。

以下是正文。写在前面：

1. 福岛核事故差点让众多核工业从业者丢掉饭碗，我有资格说我比你们都要更憎恨日本，各位请不要再说我无脑洗日本了。
2. 日本提供的数据真实性是一个无法证实也无法证伪的问题。很多读者认为我盲目相信日本人，各位的批评公允有据，笔者信服。修改后的本文采用的是已经被第三方或国际原子能机构IAEA核实过的数据。其他计量标准采用的是我国核工业集团的标准。所以本文不再讨论数据可信度的问题。

核电是一个一荣俱荣，一损俱损的行业。切尔诺贝利事故之后，世界核电停滞不前十多年；三哩岛事故之后，美国再未批准建造新的核电站。

但是！！切尔诺贝利事故后，前苏联倾一国之力阻止了第二次爆炸，而后各国又施以援手盖上了十亿美元的石棺阻止放射性继续外泄。三哩岛经过了一个混沌的夜晚，堆芯熔毁，但人员技能储备更优秀的白班值接手后，马上发现了问题所在，保住了安全壳，把放射性释放量控制在了“尚可接受”的范围内。也算是亡羊补牢了。

反观日本，灾难发生七天内，多处决策不当，处理不当，甚至出现应急电源车与电厂供电接口不兼容的低级失误！现在，要把核废水排入大海。**是在给整个核电行业抹黑。**

作为核电从业者，日本政府及东电公司**不作为不负责**的态度，我不打算继续赘述和谴责。我想从另一个角度，让大家稍微能安心一点：

福岛废水是受控且可以排放的

说一个大多数人可能不了解的事实。向大海排放核废水这件事情，我们核电站每天都在做。**但是剂量严格遵守规定。**

核电站排出的不可复用废水按照下图分类，分别进行处理。总的原则是：有选择地收集废液，根据不同种类及废液的测量结果进行不同的处理。

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

放射性浓度 化学物含量 处理方式	低 $\leq 1000\text{Bq/L}$	高
	低	高
低	过滤	除盐
高	过滤	蒸发

知乎 @子木

- 工艺排水的一般采取除盐处理，若化学物质含量高，不适合用除盐方法处理时则进行蒸发处理。
- 化学排水一般进行蒸发处理，但当它们的放射性浓度低于排放限值时，则可以只经过过滤处理后排放。
- 地面排水一般经过过滤后排放，如果放射性浓度高，则进行蒸发处理。

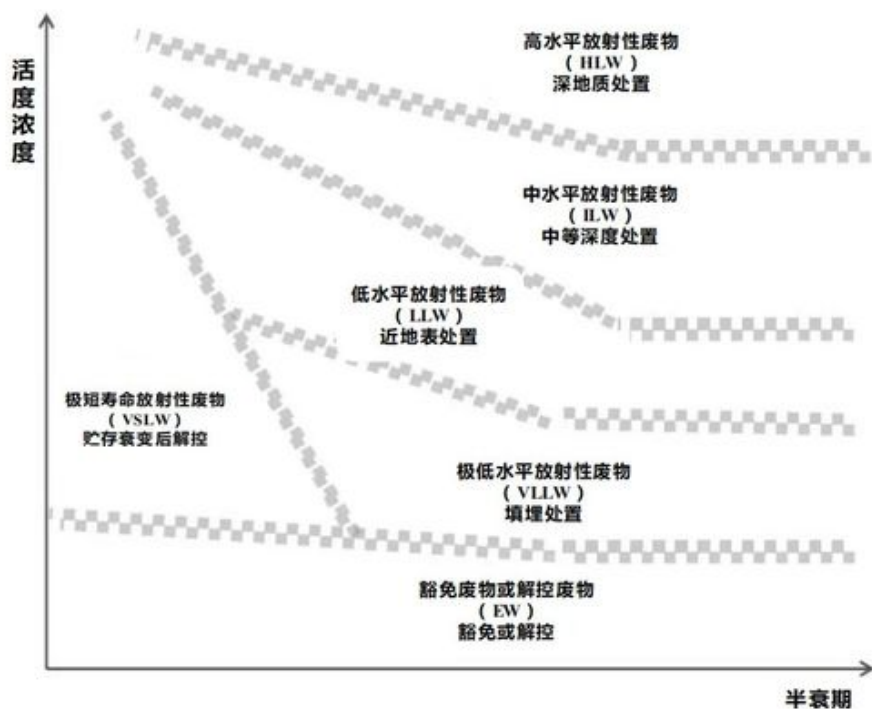


图 1 放射性废物分类体系概念示意图

知乎

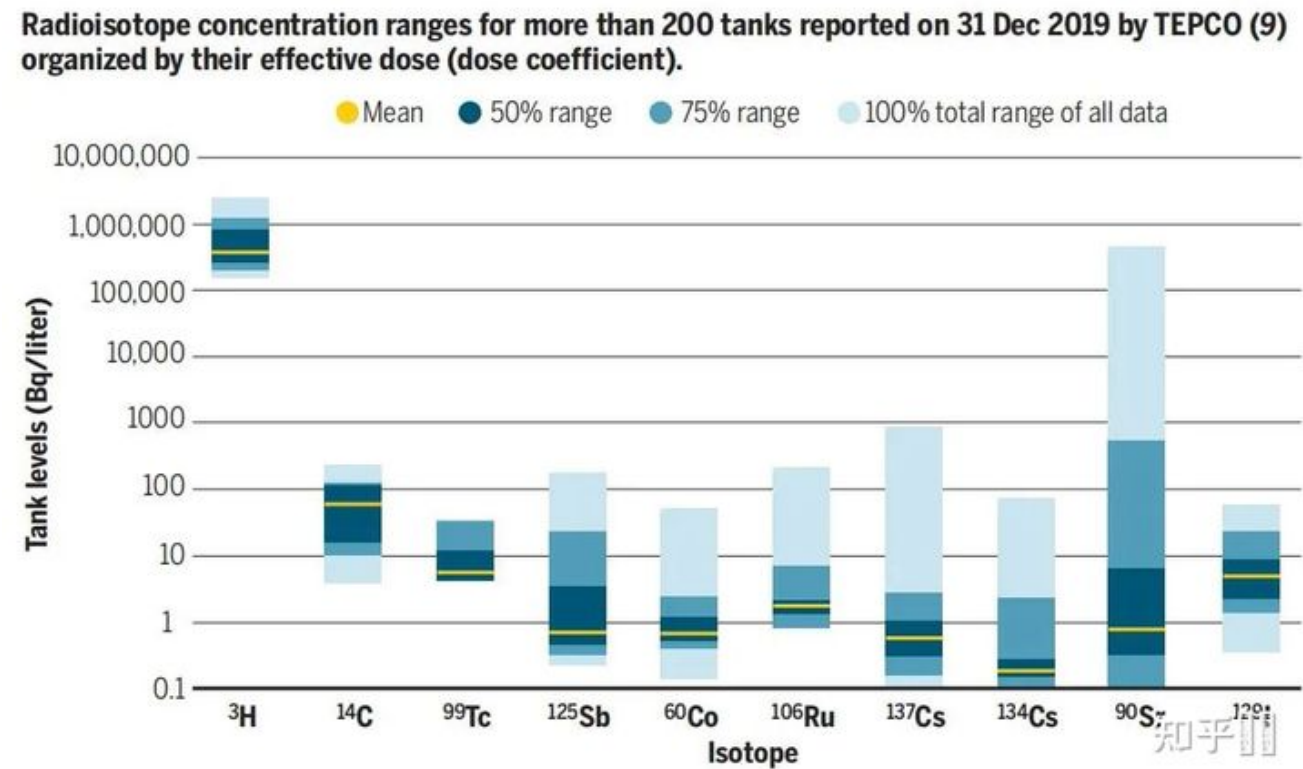
放射性废物处理原则示意

以上浓缩的蒸发液，会混入混凝土进行固化深埋。虽然成本较高，但是能保证对环境无害。至于排放的废液，则符合国际原子能机构的标准，用百倍千倍的流动海水进行稀释，确保放射性污染物不会聚集。在如此程度的保护下，咱巡检在核电泵房捞到的鱼，都直接打包带回家煮了吃掉了，自然也不会担心。

福岛方面，根据我国生态环境部与辐射安全中心在2016年8月8日给出的报告，此次福岛核污水泄漏出的主要放射性核素是铯、锶、氚和碘。在铯和锶的家族中，铯-136半衰期为13.00天，锶-89的半衰期约为50.00天，氚的半衰期约为12.43年；碘-131的半衰期约为8.30天。

而福岛决定排放的废水，则是经过长期贮存衰变过的废水，其中除了碳14和氚之外的放射性核素（尤其是金属核素）都衰变到了较低水平，其水平与世界范围内核电站正常工况的排放标准相当，下图是

TEPCO给出的放射性核素成分表，与生态环境部给出的组分基本一致。



值得注意的是，废液中的C14和氚一般认为是无需处理且较难处理的物质，“中国环保标准 放射治疗辐射安全与防护要求（意见征求意见稿）”给出的放射性豁免值和解控值如下图。哪怕是对于外交部发言人特别提到的含氚废水，对照上下表格也容易看出，大部分氚的含量已低于解控浓度水平。

表 1 部分含人工放射性核素固体物质的豁免水平和解控水平

核 素	活度浓度 ^a (Bq/g)	活度浓度 ^b (Bq/g)	活度 ^b (Bq)
氢-3	1E+02	1E+06	1E+09
碳-14	1E+00	1E+04	1E+07

而C14和氚的半衰期分别为5730年和12.5年，所以对这两种物质，人为贮存衰变是没有意义的。另一方面，这两种物质在自然界中广泛分布，且自然循环速度远快于放射性金属核素，能通过自然界的生命活动和天气活动让分布变得均匀。

排放方面，世界上所有的核废水排放是由国际原子能机构IAEA和世界核电运营者协会WANO两大组织共同监管的，并不是日本人想说排多少就排多少的。事实上世界上所有的核电站每时每刻都受到这两大组织监管，而且数据无法被修改和绕过。所以大可不必担心他们偷排。

评论区有人指出，有学者在Science杂志中提出反对排放，也放出了有力的证据，但是文章末尾只有结论没有给出解决方案，其结论也比较偏向于“实验室语言”。所以比起Science，从业者普遍倾向于IAEA论证后给出的更具有工程价值的提议，即：**IAEA书面建议福岛将废水受控排入大海。**

这里摘录IAEA在2020年4月发布的报告：

monitor emerging technologies and technology developments to ascertain whether a technology shows promise in the future and accommodate them in its future plans, notwithstanding the already remarked urgency for finding a sound disposal solution.

Process of Down-selection of Tritium Disposition Options

The Tritiated Water Task Force assessed five options for the ALPS treated water disposition:

- Geosphere injection;
- Controlled discharge into the sea;
- Controlled vapor release;
- Hydrogen release; and
- Underground burial.

The Task Force assessed each option against several criteria: technical feasibility, regulatory feasibility, duration, cost, scale, secondary waste, radiation exposure to workers.

The Review Team considers that the ALPS Subcommittee's assessment methodology and approach to be appropriate and comprehensive. The selection criteria are well-chosen, and the analysis made against each criterion is technically sound and objective.

In their assessment of the five options the ALPS Subcommittee considered that there was no precedent for deployment of three of the options (i.e., geosphere injection, hydrogen release and underground burial). In addition, for each of these first-of-a-kind options, there are significant unresolved technical and regulatory uncertainties and risks that will need addressing.

The Review Team concurs with the ALPS Subcommittee's assertion that these three options are technically immature and unproven and implementation of any of them will require resolution of challenging unresolved issues. The uncertainties posed by these options introduce a high degree of risk, in terms of operational safety, technology development, licensing and societal acceptance if disposition of the ALPS treated water is to be complete on the same timescale as completion of decommissioning implementation.

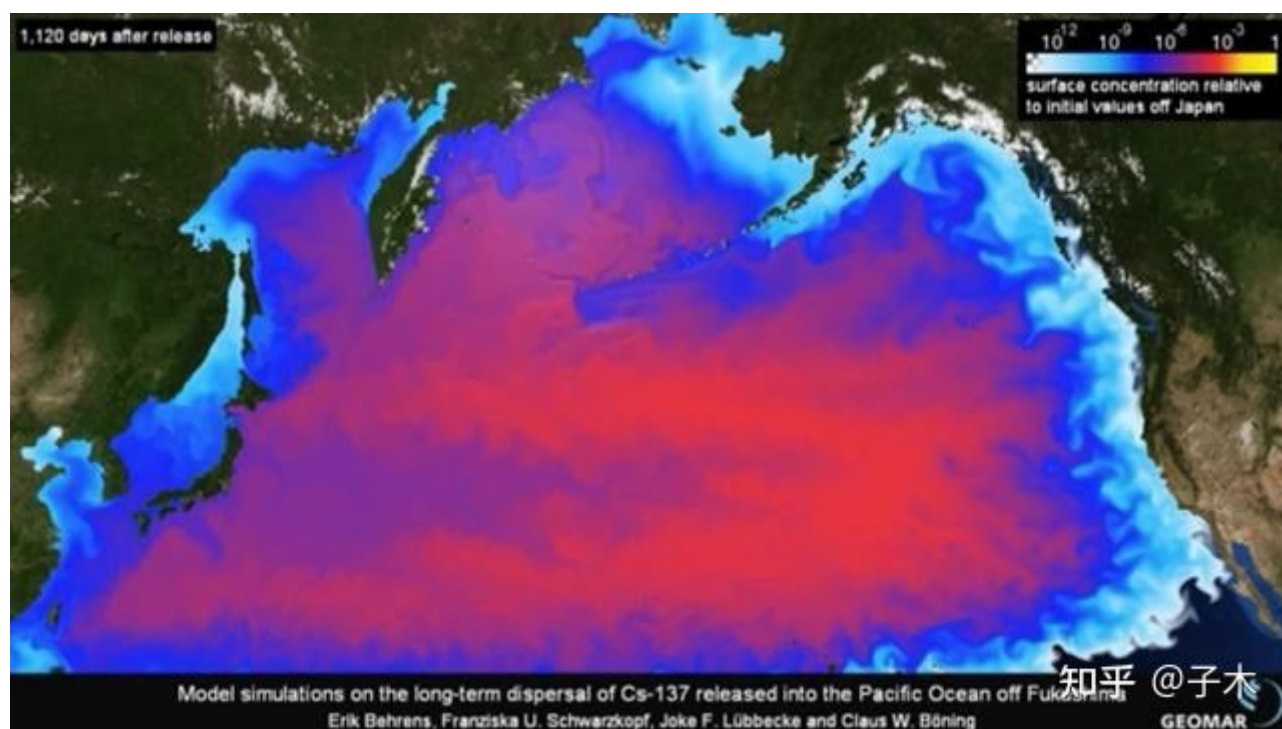
The ALPS Subcommittee therefore moved forward with a more detailed assessment of the two remaining options (i.e., controlled vapor release and controlled liquid discharge into the sea) on the basis that these were technically mature, viable options for which implementation precedent exists either within Japan or internationally. Given the time constraints (i.e., disposition of ALPS treated water should occur on the same timescale as Fukushima Daiichi decommissioning) and importance of societal acceptance, the Review Team finds reasonable to focus on the technically mature options for which precedents exist and a large amount of information is available, because it is more likely to lead to a successful outcome.

The ALPS Subcommittee report outlines the advantages and disadvantages of each option.

The Review Team considers the ALPS Subcommittee analysis of the two options is sufficiently comprehensive, based on a sound scientific and technical basis and based on sound past and current practice precedents (e.g. controlled vapor release after the TMI accident and routine operational tritium discharges from NPPs worldwide including Japan) and established good practices (e.g. sea monitoring). As advised in the IAEA fourth Peer Review mission report, the implementation of the chosen ALPS treated water disposition should be accompanied by a comprehensive environmental monitoring programme and proactive and timely dissemination of information to stakeholders and the general public.

经过IAEA的可行性论证，报告显示，相比于其他四种方案，将福岛核废水以可控的形式排入大海是成熟而且风险和危害都最小的方式。附上原文链接<https://www.iaea.org/sites/default/files/20/04/review-report-020420.pdf>

至于洋流问题，很多高赞回答普遍引用的是类似下图的洋流图。是通过模拟跟踪Cs-137的丰度来分析福岛废水的富集程度。



不可否认，这类研究对福岛放射性的防范和治理十分重要。但这并不代表图中的红色或者蓝色到达的地方就是危地。毕竟自然界也处处充满了辐射，包括少量的Cs137。如果将自然界的本底辐射叠加在上图中，你会发现即便是图中的红色部位，其产生的辐射也小于很多地方的本底辐射。甚至你们家地下室的辐射都比他要高。

所以这里给出一个略微让人心安的结论：

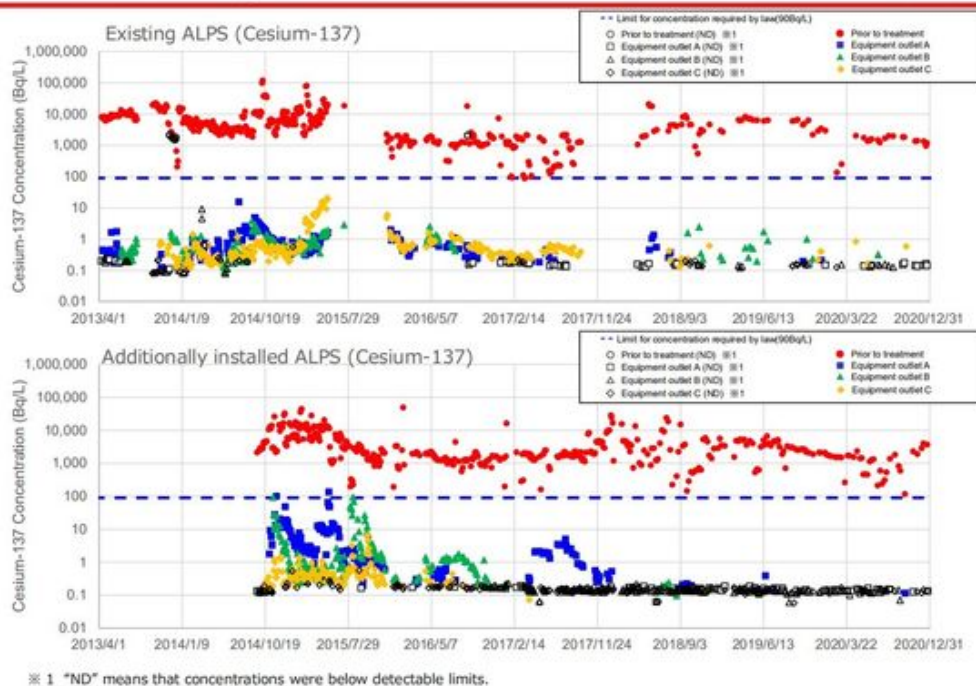
在可控排放的前提下，福岛核电站的废水不会对我国的环境造成太大影响。如果确实担心，可以暂停食用日本海域出产的海鲜。除此之外，哪怕像我现在身在海边，也无需屯盐无需忌口。

以下是常见疑问，欢迎补充。

福岛核冷却堆芯的废水与我国核电站正常废水有没有不同？

这个问题很难用是和不是来回答。但本质上来讲，二者都遵循一定的排放标准。我国核电站正常运行用海水作为最终热阱，排放的海水不含任何放射性。但是排放的工艺废水含有放射性，需要日常监测。福岛废水接触了堆芯，放射性巨大，但在经过一次处理，贮存10年，二次处理之后，其放射性水平与我们的工艺废水有一定的可比性，放射性核素种类也一致，只在分布和剂量上还是有差别，二者不完全相同，处理前后数据对比值如图。数据来源于TEPCO：

https://www.tepco.co.jp/en/decommission/progress/watertreatment/images/exit_en.pdf



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

1 知乎

图为东电公司提供的Cs-137处理前后数据对比

可见，处理前后的废水在数量级上区别十分明显。那么这个时候，**谈论是否符合排放标准比判断两种废水是否相同更有工程价值**。至今为止，福岛废水已经有30%满足排放标准。

福岛核废水为何不用来饮用？

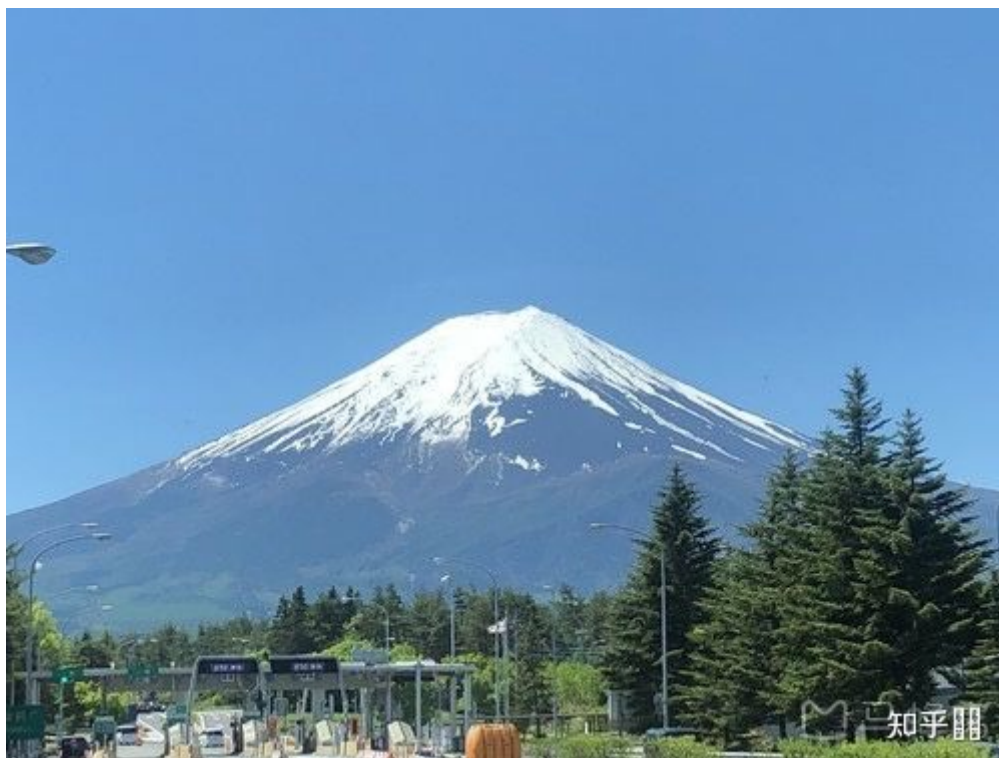
排放标准和饮用标准不是同一个概念。比如市政处理过的生活废水，达标即代表可以排放。但是里面仍然有人类排泄物包括悬浮物和溶解性固体存在，不能用来饮用（呕）。核废水也是一样的道理，**达标代表可以排放，不代表可以饮用**。

福岛核废水为何不重新利用？

有读者提议将废水打回堆芯，重新利用。实际上可以理解为修好福岛核电站的一回路，或者额外修建类似一回路的经堆芯的余热排出设备。哪怕设计完成，由于工质是反复流经堆芯的水，这类设备的修建，调试，操作，维护都会是放射性极高的工作，参考我国核电站的辐射控制区水平判断，其接触剂量有可能高达10mSv/h（欢迎指正）。而如果不进行维护，哪怕是微小的外漏，日积月累也会从同一地点渗入地下水。跑水的话问题更严重。**得不到稀释的高放废液比可控排放的低放废液危害更大**。

为什么不注入火山？

世界上最大的活火山之一就是富士山。对于这个问题，国际原子能机构IAEA于2020年在<https://www.iaea.org/sites/default/files/20/04/review-report-020420.pdf>这份报告第19页提到一个名词叫做“Geosphere injection”我斗胆字面翻译为“地圈注入”（欢迎翻译相关专业指正）。能比较契合“注入火山”的想法。



世界上最大的活火山之一——富士山

其实比起注入火山，从辐射防护的效果来讲，钻井注入的效果甚至更好。但是这类方法在工程上没有先例可供参考，技术空白太多，是一个不成熟的方案，既不经济又十分危险，所以IAEA和东电公司没有向这个方向研发。

为什么不多建造贮存罐？

贮存罐也是设备，也需要巡检，操作，维护。随着储罐数量的增多，工作人员受到的剂量也越来越大。且考虑到沉积，罐子底部的剂量额外高，对核电工作者是不人道的。为了保护作业人员，巡检任务只能慢慢减少，也就增大了贮存罐损坏但发现不及时的风险。如果发生外漏，高放废液同样会在某一地点累积并进入地下水。又回到了之前阐述的：得不到稀释的高放废液比可控排放的低放废液危害更大。所以，建造更多的储罐既不经济，又十分危险。

为什么不用混凝土固化再深埋？

能提出这个问题的已经很专业了。以我们核电站的固化流程为例，在固化之前必须要将料液蒸发至“浓汤”水平，才能与混凝土进行固化。这个蒸发过程需要一个专门的设备叫做“蒸发器”。料液由供料泵通过预热器升温后送至蒸发器，蒸发器的加热器一般采用列管式，壳程是辅助蒸汽。蒸汽凝结水收集在凝结水平衡槽中，经冷凝水冷却器冷却后送回蒸汽系统。在加热器里，料液产生的水蒸汽经过蒸发器分离室进行初步的汽液分离。水蒸汽进入冷凝器进行冷凝，蒸馏液经冷却器冷却后，注入蒸馏液监测槽。不凝结气体从冷凝器顶部排至废气处理系统；浓缩液经冷却器冷却后，自流入浓缩液监测槽。所有的冷却水由专门的设冷水系统提供。其中的蒸汽系统，设冷水系统，废气处理系统都是技术含量非常高且昂贵的系统。而且浓缩后的“浓汤”会让相关工艺管线剂量达到堆芯水平。除了堆芯，这可能会是地球上剂量最高的地方，更不用谈操作和维护。

可否用毛子的氢弹炸？

emm认真的吗？